

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-149257
(43)Date of publication of application : 06.06.1997

(51)Int. Cl. H04N 1/407
G06T 5/00
H04N 5/66
H04N 9/74

(21)Application number : 08-268050 (71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>
(22)Date of filing : 09.10.1996 (72)Inventor : TRETTER DANIEL R

(30)Priority

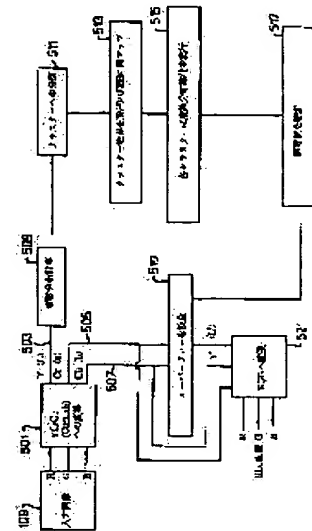
Priority 95 550435 Priority 30.10.1995 Priority US
number : date : country :

(54) IMAGE CONTRAST INTENSIFYING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a contrast intensifying technology in which a calculation load is relieved in the digital image processing and undesirable artificial processing is not applied to an output image.

SOLUTION: At first, a frequency distribution is generated, which has a 1st axis corresponding to measurable attributes such as luminance and a 2nd axis corresponding to counts of pixels having a specific value with respect to the measurable attributes. The frequency distribution is divided into plural clusters, frequency distribution equalization or expansion is executed to each division cluster to correct the frequency distribution. Based on the corrected frequency distribution, the 1st measurable attribute such as luminance is adjusted. Thus, an image whose contrast is intensified is generated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2003

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

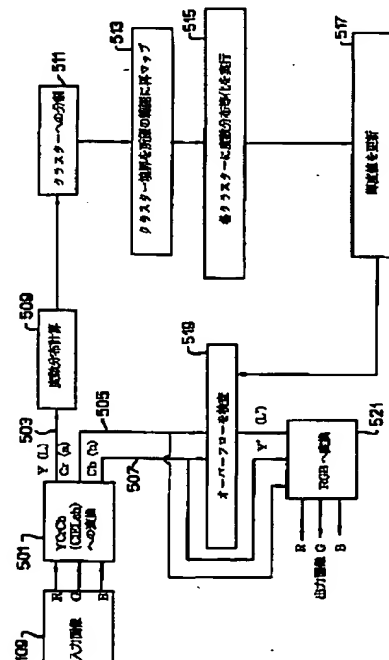
[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項1】コンピュータを動作させて、複数ピクセルからなる画像のコントラストを強化させる方法であつて、

上記コンピュータの記憶装置にオリジナルの画像をデジタル形式で入力するステップと、

第1の測定可能属性に対応する第1の軸および上記第1の測定可能属性に関する特定の値を持つピクセルのカウント数に対応する第2の軸を有する上記デジタル形式画像の度数分布を作成するステップと、

上記度数分布を複数クラスターに分割するステップと、各クラスターに対して度数分布等化を実行することによって修正された度数分布を作成するステップと、

上記修正された度数分布を使用して、上記デジタル形式の上記第1の測定可能属性の値を調節し、それによって上記コントラストが強化された画像を作成するステップと、

を含む画像コントラスト強化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理に関するもので、特に、度数分布活用による画像のコントラスト強化に関するものである。

【0002】

【従来の技術】デジタル画像は、ピクセルのアレイであつて、通常はピクセルの長方形マトリックスである。各ピクセルは、1つの画素であり、画像における特定の位置に対応するアレイ上の位置における画像の属性を表す値すなわちデジタル量である。典型的には、連続階調白黒画像において、ピクセル値はグレースケール値を表現する。

【0003】ある1つの画像に関するピクセル値は、指定された範囲に従わなければならない。例えば、各アレイの要素が1バイトすなわち8ビットである場合がある。この例においては、ピクセル値は0から255までの範囲でなければならない。グレースケール画像においては、255は絶対的白を表現し、0は全くの黒を表現する。

【0004】カラー画像は、一般的にレッド、グリーンおよびブルー(以下これらをRGBと総称する)に対応する3色平面からなる。特定のピクセルについて、これらカラー平面の各々に対して1つの値がある(例えばレッド・コンポーネントを表現する1つの値、グリーン・コンポーネントを表現する1つの値、そしてブルー・コンポーネントを表現する1つの値がある)。これらの3つのコンポーネントの強度を変えることによって、カラー・スペクトルにおけるすべてのカラーが作成される。

【0005】プリンタおよびディスプレイのような出力装置もまたピクセル値に関して特定の範囲を持つ。そのような装置の中には、8ビットの画像データすなわち0

から255までの範囲のピクセル値を受け取りそして出力することができる装置がある。しかしながら、画像の多くは、出力装置上で利用できるピクセル値の範囲全体を効果的に活用するピクセル値を持っていない。例えば、8ビットのケースについて述べれば、特定の画像が、そのデジタル形式において100から150までの範囲のピクセル値だけを含むことがあり、この場合、これらピクセルはグレースケールの中央値付近に対応することとなる。同様に、8ビットのカラー画像が、出力装置において使用できる値の範囲の中央付近に対応することとなるRGB値を持つかもしれない。いずれのケースの結果も、出力表現は相対的にぼんやりする。

【0006】画像の視覚的様相は、出力に可能な範囲全体を活用するようにピクセル値を再マップすることによって向上させることができる場合が多い。そのようなプロセスはコントラスト強化と呼ばれる。

【0007】いくつかの既存のコントラスト強化技術がある。これらの技術は、(CATスキャン、X線および超音波などの)医療およびレーダー分野の画像のようなモノクロ(すなわちグレースケール)画像に関して特に普及している。そのような応用分野では、コントラスト強化は、さもないければ識別するのが難しい画像細部を検出するために使用される。

【0008】コントラスト強化技術は、しばしば、度数分布等化法に基づく。度数分布等化法においては、画像のグレイレベル分布の度数分布が作成される。図1は、そのような度数分布の1例である。度数分布は、ピクセル値の範囲内の値の各々に対応するアレイ・エレメントを持つ1次元アレイである。度数分布のエレメントの各々は、そのエレメントに対応する特定のピクセル値を持つピクセル数のカウントを含む。度数分布等化法では、画像のピクセル値は、グレイレベル値の分布ができる限り均一となるように変えられる。度数分布等化法は、A. K. Jain氏著"Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc., 1989, pp.241-243"に記載されている。

【0009】度数分布等化法のバリエーションとして知られる適応度数分布等化または局所領域度数分布等化という技法は、各ピクセルに対する画像範囲を定義するため移動式窓を使用する。次に、定義された範囲の度数分布が、そのピクセルに関する出力値を決定するために等化される。適応度数分布等化法は、John B. Zimmerman氏ら共著の"An evaluation of the effectiveness of a daptive histogram equalization for contrast enhancement, IEEE Trans. On Medical imaging, 7(4):304-312, December 1988"に記載されている。適応度数分布等化プロセスは、画像ピクセル各々毎に別々の度数分布が作成されるので、計算処理上非常に高価のものである。範囲を基にする適応度数分布等化法のいくつかのバリエーションが、Stephen Pizer氏その他による"Adapti

ve histogram equalization and its variations, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 39 (3):355-368, September 1987", S. S. Y. Lau氏著の"Global image enhancement using local information, Electronics Letters, 30(2):122-123, January 1994"およびJ. A. StarkならびにW. J. Fitzgerald氏著の"Model-based adaptive histogram equalization, Signal Processing, 37:193-200, 1994"などに記載されている。これらの技術は、計算量を減少させながら適応度数分布等化法に匹敵する結果を与えている。

【0010】これら適応度数分布等化法バリエーションに共通する欠点は、適応度数分布等化の完全実施型に比較して必要計算量を大幅に減少するとはいえず、多くの応用分野において実際に活用する上でその必要計算量はなお大きすぎることである。更に別の欠点は、これらの技法が画像ピクセル値を局所的に調整するため、処理された画像は、オリジナルの画像に対してピクセルの相対的明度を保持しない。例えば、日陰部分の細部を明るくする場合に、同じ画像の日当たり部分より明るくなるほどまで日陰部分が明るくされることがある。画像の不均等な明暗化は、写真画像において容認できないほどの視覚的表現を生む。度数分布特定化として知られている度数分布等化の一般化は、出力される度数分布がある所望の分布に近い分布を持つように、データを調節する。度数分布特定化は上記Jain氏著の文献に記載されている。

【0011】カラー画像の強化はかなり複雑である。カラー画像は、一般的にレッド、グリーンおよびブルー(すなわちRGB)に対応する3色平面からなる。(P. E. TrahaniasおよびA. N. Venetsanopoulos氏著の"Color image enhancement through 3-d histogram equalization, 11th IAPR Conference on Pattern Recognition, Conference C: Image, Speech, and Signal Analysis, p. 545-548, September 1992"に記載されている)カラー画像強化技術は、各カラーに関する度数分布等化を独立して実行する。しかし、その技術は、画像の大規模な色ずれやその他の望ましくない人為的加工を引き起こす。

【0012】そのような人為的加工を避けることを意図する度数分布型コントラスト強化技術の1つに、3次元度数分布を構築して、3次元すべてにおける修正を合同して実行するものがある。この技法は、上記P. E. TrahaniasおよびA. N. Venetsanopoulos氏著の文献、およびPhillip A. MlnaならびにJeffrey J. Rodriguez氏著の"Explosion of multidimensional image histograms, IEEE International Conference on Image Processing, Vol III, pp. 958-962, Austin, Texas, November 1994"に記載されている。あいにく、3次元度数分布の合同修正技術に必要な計算量は、少なくとも度数分布のビン(項目)の数のオーダーであり、通常的大型画像においては、そのビン数は百万のオーダーに及ぶ。従って、このアプローチは計算量集約的であって全く実地的でな

い。

【0013】本発明の好ましい実施形態を含む他のアプローチは、画像データを一定の輝度-クロミナンス・カラー空間へ変換して、その領域において強化を実行する。それらの技術の中には、輝度度数分布だけを調節するものがあり、一方、輝度およびクロミナンス両方の度数分布を調節するものもある。輝度コンポーネントのみの単純な度数分布等化は、出力画像に望ましくない人為的加工が含まれる結果につながる。特に、輝度が均一な大きい範囲は、輪郭部分の加工が目立ち、特に暗い(あるいは明るい)背景は、前景オブジェクトを過度に明るく(あるいは暗く)させる結果となる。計算の複雑性を増加させる処理を行う前に画像データを非線形変換にかけることを必要とする一層複雑な強化プロセスがいくつかある。輝度またはクロミナンス度数分布等化技術は、Robin N. Strickland氏その他著の"Digital color image enhancement based on the saturation component, Optical Engineering, 26(7):609-616, July 1987"およびIlia M. Bockstein氏著の"Color equalization method and its application to color image processing, Journal of the Optical Society of America A, 3 (5):735-737, May 1986"に記載されている。

【0014】度数分布は、コントラスト強化以外の目的のためにも使用されて来た。例えば、白黒画像に関して、度数分布を複数クラスに分割する複数しきい値適応技術が開発された。この技術では、作成されたクラスターを使用して、画像が種々のオブジェクトおよび背景に対応する領域に細分化される。そのようなクラスター化技術は、P. K. Sahoo氏その他著の"A survey of thresholding techniques, computer vision, Graphics, and image processing, 41(2):233-260, February 1988"に記載されている。例えば、度数分布が比較的高い頂点の間に低い振幅の平坦な領域を含む場合、平坦領域のいずれの箇所でしきい値を適応してもほとんど同じ細分化部分が作成される。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】コントラスト強化のためには、高活動性領域と低活動性領域を区別することが望ましいので、低い振幅の平坦な領域が独立したクラスターを形成するように度数分布を分割することが望ましい。従って、上記複数しきい値適用のクラスター化技術は、コントラスト強化にとって適切ではない。このように、計算量集約的でなく、出力画像に望ましくない人為的加工が施されることのないコントラスト強化技術が必要とされている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の実施形態は、コントラストが強化されたデジタル画像を生成するようにコンピュータを動作させる方法である。この方法は、(例えば輝度のような)測定可能な属性に対応する

第1の軸および上記測定可能な属性に関する特定の値を持つピクセルのカウンタ数に対応する第2の軸を持つ度数分布を作成するステップから始まる。この度数分布は、(複数の)クラスター(cluster)に分割され、各クラスターに対して度数分布等化または伸張化が実行されて、その結果、修正された度数分布が作成される。修正された度数分布を使用して、上記デジタル形式の上記第1の測定可能属性の値が調整され、それによって、コントラスト強化の画像が生成される。

【0017】本発明の1つの実施形態において、度数分布はパターン・マッチ技術を使用してクラスターに分割される。例えば、ガウス分布に類似する度数分布のパターンおよび一様分布に類似するパターンは、それぞれ別々のクラスターに分けられる。本発明の更に別の実施形態において、度数分布をクラスターに分割する作業に続いて、クラスターの範囲、その範囲内のピクセルの数、画像におけるピクセルの総数および度数分布範囲限界に比例して、クラスター境界が再マップされる。本発明のまた別の実施形態において、(例えばクロミナンスのよう

な)その他の画像属性が、修正された度数分布の値を制限するために使用される。

【0018】更に別の実施形態において、本発明は、コンピュータ・システムのメモリに度数分布データ構造を作成するように動作する度数分布作成装置を備えた画像処理用コンピュータ・システム上で実施される。このコンピュータ・システムは、度数分布データ構造に接続して度数分布データ構造を複数のクラスターに分割するように動作するクラスター作成器を含む。次に、度数分布データ構造に接続した度数分布クラスター境界調整器が、クラスター幅(Ro)、クラスター内のピクセルのカウンタ(Ni)、画像内のピクセルのカウンタ(Nt)、オリジナルの度数分布範囲限界(Eo)および所望の度数分布範囲限界(Ed)というパラメータを持つ関数にクラスター境界が準拠するように、上記データ構造の各クラスターの境界を調整する動作を実行する。更に、上記度数分布データ構造に接続した度数分布調整器が、所望の特性に従ってクラスターの各々に関して度数分布を修正する動作を実行する。

【0019】発明の課題を解決する手段として、本発明は、コンピュータを動作させて、複数ピクセルからなる画像のコントラストを強化させるため、上記コンピュータの記憶装置にオリジナルの画像をデジタル形式で入力するステップ、第1の測定可能属性に対応する第1の軸および上記第1の測定可能属性に関する特定の値を持つピクセルのカウンタ数に対応する第2の軸を有する上記デジタル形式画像の度数分布を作成するステップ、上記度数分布を複数クラスターに分割するステップ、各クラスターに対して度数分布等化を実行することによって修正された度数分布を作成するステップ、および上記修正された度数分布を使用して、上記デジタル形式の上記第

1の測定可能属性の値を調節し、それによって上記コントラストが強化された画像を作成するステップからなる画像コントラスト強化方法を含む。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明は、汎用コンピュータ・システム上または専用画像処理システム上で、あるいは画像処理用ソフトウェアの形態で、またはデジタル画像処理を含むデバイス・ドライバおよび他のアプリケーションの形態で、実施することができる。例示の目的のため、画像がデバイス・ドライバによって制御される特定の装置上に出力される場合に汎用コンピュータに実行のためロードされるデバイス・ドライバの観点から、本発明の以下の記述は行われる。

【0021】A. コンピュータ・システム

図2は、デジタル画像のコントラストを強化するために本発明が使用されるコンピュータ・システム100のブロック図である。コンピュータ・システム100は、例えば、スキャナ113、プリンタ115、モニタ117および1つまたは複数のディスク・ドライブ119などのいくつかの入出力装置(I/O)を接続したコンピュータ101を含む。コンピュータ101は、その他の入力装置121を接続することもある。その他の入力装置には、枠取り機(frame grabber)、CCDカメラ、CD-ROMドライブ、デジタル・カメラ、および、CATスキャナ、X線ならびに超音波のような医療画像装置が含まれる。コンピュータ101は、CPU103およびランダム・アクセス・メモリ(RAM)105を含む。コンピュータ101は、更に読み取り専用メモリ(ROM)107を含む場合もある。これら諸装置は、バスを介して相互に接続される。コンピュータ101は、また、入出力装置113ないし119に接続される入出力制御装置111aないし111fを含む場合もある。

【0022】デジタル画像処理システムとしての動作において、デジタル画像は、コンピュータ101へ入力される。画像源は、スキャナ113であるかもしれないし、フォトCD、(CCDカメラのような)デジタル・カメラ、あるいは枠取り機のような他のデジタル画像源であることもある。更に、コンピュータ・システム100は、ネットワーク123を通して別のコンピュータ・システム100'および100''に接続されることもある。デジタル画像が、これら別のコンピュータ・システム100'および100''の1つまたは複数からシステム100へダウンロードされる場合がある。

【0023】画像は、走査されてコンピュータのRAM105に直接読み込まれるか、または、ディスク・ドライブ119のような補助記憶装置に記憶されている画像109であるかもしれない。そのサイズに従って、ディスク・ドライブ119は、多数のデジタル画像を記憶することができる。ディスク・ドライブ119は、また、1つまたは複数の出力ドライバ125を含む。各出力装

置115に関連して1つのドライバ125がある。出力装置は、例えば、米国カリフォルニア州バロアルト所在のヒューレット・パカード・カンパニーによって製造されたカラー・インクジェット・プリンタやカラー・レーザ・プリンタのようなプリンタである。出力装置は、また、Kodak Coloreaseプリンタのような染料純化(dye sublimation)プリンタを含むこともある。コンピュータ101のオペレーティング・システム・ソフトウェア(図示されていない)は、出力装置115の1つに画像109を出力するコマンドに出会うと、該当する出力ドライバ125をRAM105にロードする。代替的实施形態においては、出力ドライバはROM107に記憶されている。そのような実施形態では、出力ドライバをロードするステップは必要でない。

【0024】図3は、画像処理システムの処理の流れを示すブロック図である。オブジェクト301の画像が画像捕捉装置303によって捕捉される。デジタイザ305が画像をデジタル表現に変換する。デジタル表現された画像が、例えばRAM105のような記憶装置に記憶される(ブロック307)。次に画像は記憶装置から取り出され処理される(ブロック309)。処理309は、CPU103によって、あるいは、入力装置または出力装置に装備されるプロセッサによって実行されることがある。処理309は、入力、出力および主コンピュータ・システムのプロセッサ間に更に分散される場合もある。最後に、処理された画像が、プリンタ119のような一定の形式の出力装置上に出力される(ブロック311)。本発明のコントラスト強化機構は図3の動作の流れのどの段階においても使用することができる点注意する必要がある。

【0025】B. デバイス・ドライバ

図4は、本発明に従うコントラスト強化機構を備えた画像処理システムのブロック図である。図4には、RAM105にロードされたデバイス・ドライバ125が示されている。出力ドライバ125は、コントラスト強化機構205および出力制御機構203からなる。出力制御機構203はデジタル画像を入力として受け取り、出力制御命令を出力装置115へ出力する。プリンタ・ドライバに関しては、(出力ドライバである)プリンタ・ドライバは、出力媒体上への種々のカラーのインクの量および配置を制御する命令を含む。

【0026】コントラスト強化機構205は、画像109の一定の属性の度数分布211を記憶するデータ構造に接続される。本発明の1つの実施形態において、度数分布属性が輝度であって、すなわち、度数分布211は、特定出力装置115に関する可能な輝度値の各々についてのエントリを含み、そのような輝度値エントリの各々は、その特定輝度値を持つピクセルの数である。

【0027】コントラスト強化機構205は、いくつかのモジュールを含む。第1のモジュールは、画像変換器

207である。画像変換器207は画像109を1つの形式で入力として受け取り、コントラスト強化のために使用される少くとも1つの属性を持つ画像にそれを変換する。本発明の1つの実施形態において、輝度がコントラスト強化のために使用されるので、画像変換器207は、入力された画像を例えばYCrCbまたはCIELabカラー座標系のような輝度コンポーネントを持つ表現に変換する。画像変換器207の機能性の詳細は、図5を参照して後述される。

【0028】コントラスト強化機構205は、度数分布生成器209を含む。度数分布生成器209は、画像のコントラスト調節のために使用される特定の属性に関して許容され得る値の範囲における値の各々を持つピクセルの数をカウントする。これらのピクセル・カウントは、RAM125の1次元度数分布アレイ211に記憶される。本発明の1つの実施形態において、輝度がコントラスト強化のために使用される。従って、この実施形態では、度数分布は各有効輝度値を持つピクセルのカウントを含む。

【0029】コントラスト強化機構205は、度数分布211におけるクラスターを決定するクラスター作成器213を含む。クラスター作成器213の詳細は後述される。度数分布211のクラスターを確立した後、コントラスト強化機構205は、種々のクラスターの境界を調節するためクラスター調整器215を呼び出す。次に、度数分布等化/伸張器219によって、度数分布等化または度数分布伸張が調節されたクラスターに対して実行される。そして、出力された度数分布を使用して、ピクセル値は輝度度数分布再マップ器217によって再マップされる。

【0030】データ検査器221が、出力値が本発明の実施形態によって使用される特定のカラー空間に関して許容される境界内にとどまっていることを検証する。コントラスト強化機構205の種々のモジュールは、制御プログラム223によって制御される。制御プログラム223は、図5の動作の流れを実施する。

【0031】C. コントラスト強化機構

図5は、本発明に従うコントラスト強化機構205の動作を示すブロック図である。コントラスト強化機構205は先ず輝度度数分布を(複数)クラスターに分割する。コントラスト強化機構205は、次に、各クラスター毎に度数分布等化または伸張を実行し、クラスター全体が、クラスター幅、クラスター内のピクセル数およびオリジナル度数分布範囲限界に基づいて新しい輝度領域に再マップされる。飽和による色ずれを避けるため、ピクセル値の再マップを行う前に、クロミナンス情報を使用して修正された輝度値が制限される。

【0032】D. カラー変換

本発明の第1の実施形態において、コントラスト強化は輝度値に基づく。従って、第1の実施形態において、先

ず、コントラスト強化機構205は、入力画像109のRGB画像データを輝度-クロミナンス表現に変換する(ステップ501)。

【0033】一般的には、本発明はすべてのカラー画像表現に等しく適用することが可能である。しかし、使用する特定の方法を画像表現毎に変えることもできる。例えば、以下に記述の本発明の好ましい実施形態は、入力画像がSociety of Motion Picture and Television Engineers(動画/TV技術者協会)が規定のRGBコンポーネント(略称SMTE-C RGB)を使用して記憶されているものと仮定する。白色点は、標準のCIE D65白色点であり、ガンマは、1(線形RGB)あるいは2.2(NTSCに対して補正されたガンマ)であると仮定される。異なる基礎値が仮定されれば、変換およびコントラスト強化の結果の間になにがしかの相違が起きるであろうが、上記のような仮定は、コンピュータ・モニタ上で見られるように設計されたカラー画像に関してはうまくはたらくことが確認されている。これらのパラメータに関する詳細は、R.W.G. Hunt氏著の"The Reproduction of Colour in Photography, Printing & Television, Fountain Press, Tolworth, England, 1987"に記載されている。

【0034】当然のことながら、カラー画像109は輝度コンポーネントを含む形式で記憶されることもあり、その場合には、コントラスト強化機構205は変換ステップ501をスキップすることができる。1つの実施形態がYCrCbカラー空間を使用し、代替実施形態がCIELab、YUVまたはYIQカラー空間を使用する。

【0035】本発明の1つの実施形態において、クロミナンス・コンポーネントが実際に最大および最小の値を簡単に計算したことに基づいてデジタル処理に便利な表現であるという理由で、YCrCbが選択される。例えば、RGBコンポーネントの各々が0から255まで許容可能範囲を持つならば、Yもまた0と255の間にあり、CrとCbは-127と128の間の値となる。ガンマ補正されたRGB画像は、単純な線形変換を使用してYCrCbに変換されることができる。具体的には、

$$Y = .299R + .587G + .114B$$

$$Cr = .713(R-Y)$$

$$Cb = .564(B-Y)$$

である。

【0036】ほぼ許容できるほどに一樣となるように設計されたCIELabカラー空間が、デジタル画像の圧縮および伝送のためしばしば使用される。CIELabカラー空間が標準のCIE XYZカラー空間の観点から定義されているので、CIELabへの変換は若干複雑である。ガンマ補正RGBに関して、この変換は3つの段階で計算される。第1の段階は次のような線形RGBへ変換する。

$$R_1 = 255(R/255)^{2.2} \quad G_1 = 255(G/255)^{2.2} \quad B_1 = 255(B/255)^{2.2}$$

次に、次式数1の線形変換を使用して、CIE XYZへ変換する。

【0037】

【数1】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .3935 & .3653 & .1916 \\ .2124 & .7011 & .0866 \\ .0187 & .1119 & .9582 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 \\ G_1 \\ B_1 \end{bmatrix}$$

【0038】最後に、次の表1の式を用いて、データをCIELabへ変換する。

【0039】

【表1】

$$L = 116f(Y/100) - 16$$

$$a = 500(f(X/95.04) - f(Y/100))$$

$$b = 200(f(Y/100) - f(Z/108.89))$$

$$\text{但し、} f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & t > .008856 \\ 7.7867t + .13793 & t \leq .008856 \end{cases}$$

【0040】本発明の1つの実施形態において、これらの変換は、すべてのカラー・コンポーネントに関して0と255の間の整数値を生成するように尺度付けされ変換される。代替的实施形態では、画像を、例えば14あるいは16ビット等のようにピクセル当たり8ビット以外のビット数形式にデジタル化することも可能である。それらの実施形態では、変換は、そのような形式に適した範囲に尺度づけされる。

【0041】E. 輝度ヒストグラムのクラスター作成

カラー変換の後、データは、輝度コンポーネント503および2つのカラー信号505、507からなる(図5)。次に、コントラスト強化機構205は、度数分布生成器209を呼び出して、輝度データ503を基に輝度度数分布211を作成する。次に、度数分布211は、クラスター作成器213に入力され、クラスターに分割される(ステップ511)。輝度がピクセル当たり1バイトを使用して記録されていると仮定すれば、度数分布211は、256の要素を持つ1次元アレイであり、従って、クラスター化に必要なとされる計算は、画像サイズと無関係である。

【0042】輝度値の再マップ作業はクラスター範囲限界に部分的に基づく。従って、正確なしきい値の位置は非常に重要である。クラスター作成器213は、図6に示されているように平坦な領域が独立したクラスターであるように度数分布を分割する。図6には、低輝度範囲にある頂点601および高輝度範囲にある頂点603という2つの頂点を持つ典型的輝度度数分布600が示されている。これらの2つの頂点601および603は、ピクセル頻度数が小さい平坦領域605によって隔てられている。クラスター作成器213は、平坦領域605が独立したクラスターであるように度数分布600を分割

する。

【0043】クラスター作成器213は、次に分割すべきクラスターを決定するツリー成長アルゴリズムと連係してクラスターを分割する最尤法技術を使用する。初期的には、クラスター作成器123は度数分布211を単一のクラスターと見なし、その後既存クラスターを複数クラスターに分割することを繰り返して最終的にいくつかのクラスターへ分割する。

【0044】図7はクラスター作成器213によって使用されるプロシージャであり、図8はそのプロシージャの流れ図である。初期的に、度数分布211は単一のクラスターと見なされる(ステップ801)。クラスター701は分割ツリー703においてノード701'として表される。次に、クラスター701は、分割ツリー703においてそれぞれノード702a'および702b'として表される702aおよび702bという2つのクラスターに分割される。数回の反復処理の後、分割ツリー703における葉ノード705a'ないし705e'に対応する複数クラスター705aないし705eに分割される結果となる。

【0045】どのクラスターを分割するかを決定するた*

$$LL_o = -\frac{N}{2} (1 + \log(2BP^2)) \quad (1)$$

$$LL_u = -N \log(|C|) \quad (2)$$

但し

$$N = \sum_{i \in C} hist[i]$$

$$\bar{m} = \frac{1}{N} \sum_{i \in C} i \cdot hist[i]$$

$$P^2 = \frac{1}{N} \sum_{i \in C} (i - \bar{m})^2 \cdot hist[i]$$

$$|C| = \sum_{i \in C} 1$$

【0048】各クラスターに対する指数蓋然性として、上式(1)および(2)の大きい方の値が取られ、複数クラスターのうち最小の指数蓋然性をもつクラスターが次に分割すべきクラスターとして選択される。このように、本アルゴリズムは、ガウス分布または一様分布のいずれにも最も近くない既存クラスターを選択する。選択されたクラスターの(ピクセル当たりの)平均蓋然性が各分割※

度数分布のクラスター分割アルゴリズムの疑似コード

initialize(初期化) old11 = ∞, New11 = 0, M = 1

while (M < MaxM)

{

for i = 1 to M

上式(1)を使用してLL_o(i)を計算

上式(2)を使用してLL_u(i)を計算

LL(i) = max(LL_o(i), LL_u(i))

N(i) = クラスターiのピクセル数

}

c = arg min_{i=1...M} (LL(i))

*め、クラスター作成器213は既存クラスターを探索して、頂点または平坦領域に最も類似していないクラスターを探す(ステップ803)。その決定を行うため、クラスター作成器213は、既存クラスターの各々について、最初にガウス分布(Gaussian distribution)、次に一様分布(uniform distribution)を仮定して、2つの異なる指数蓋然性(log likelihood)を計算する。ガウス分布は頂点との類似を、一様分布は平坦領域との類似を判断するため適応される。従って、ガウス分布および一様分布から大きく乖離するクラスターがクラスター分割の有力候補となる。

【0046】各クラスターにおけるデータ値は相互に独立しかつ同一形態で分布(このような分布をiidと呼ぶ)していると仮定され、ガウス分布のパラメータは、指数蓋然性を最大にする値に設定される。ガウス分布および一様分布の仮定の下、所与のクラスターに関する指数蓋然性方程式が次の数2の式(1)および(2)によってそれぞれ計算される。下記の式においてアレイ値hist[i]は度数分布ビンiにおける画像ピクセルの数である。

20 【0047】

【数2】

※ 毎に記憶される。この値が前回分割の値に比較して十分大きい場合、クラスタ化プロシージャは終了する(ステップ804)。正確な終了基準は、以下の表1に示される疑似コードのように定められる。

【0049】

【表2】

New11 = LL(c)/N(c)
 if (New11 > 0.8*Old11) Stop(終了)
 クラスタc+1...Mをc+2...M+1に再インデックス
 式(5)を使用してクラスタcをcおよびc+1という2つのクラスタに分割
 if (c > 1) 式(5)を使用してc-1とcの間の境界を再計算
 if (c < M) 式(5)を使用してc+1とc+2の間の境界を再計算
 M = M + 1
 old11 = New11
 終了 (M個のクラスタ生成)

【0050】分割すべきクラスタを選択した後、クラスタ作成器213は、クラスタによって表現された範囲内のどの点でそのクラスタを分割するか決定する(ステップ805)。境界点を選択するため、クラスタ作成器213は、境界の両側における度数分布パターンの一様性を観察する。例えば図7のクラスタ701において、分割線707の左側の度数分布ピンのピクセル・カウントは相対的に低く、分割線707の右側の度数分布ピンのピクセル・カウントは相対的に高い。従って、分割線707におけるインデックスが分割境界として選択される。

【0051】2つの新しいクラスタの間の境界を選択する第1のステップとして、クラスタ作成器213

10* は、選択されたクラスタの範囲内のデータを混合分布からのiidランダム・サンプルとしてモデル化する。混合分布は、度数分布ビン1からビンm-1まで展開する第1の分布および度数分布ビンmからビンr-1まで展開する第2の分布を持つ離散的一様分布uである。この場合クラスタは、1からr-1まで展開し、mは1とrの間にある。クラスタにおけるデータ値の各々は、ある確率Dを持つU(1, m)および確率(1-D)を持つU(m, r)である。従って、そのクラスタにおける度数分布データyの蓋然性は、次の数3の式(3)で表

20 される。
 【0052】
 【数3】

$$p(y|m, D) = \left(\frac{D}{m-1}\right)^{N_1} \left(\frac{1-D}{r-m}\right)^{N-N_1} \quad (3)$$

但し

$$N_1 = \sum_{i=1}^{m-1} \text{hist}[i].$$

【0053】選択されたクラスタを分割する境界を選択するため、クラスタ作成器213は、上式(3)を最大にするようなmおよびDの値を追求する。その結果、※30

$$\log p(Y|m, D) = N_1 \log(D/(m-1)) + (N-N_1) \log((1-D)/(r-m)) \quad (4)$$

Dの推定最尤値は、式(4)のDに関する偏導関数をゼロにセットすることによって計算される。これによって、

D = N₁/Nが与えられる(但しN₁はmの関数である)。c ★

$$\log p(Y|m, D) = N_1 \log(N_1/(N(m-1))) + (N-N_1) \log((N-N_1)/(N(r-m))) \quad (5)$$

$$= -N \log(r-1) + N D((N_1/N) | ((m-1)/(r-1)))$$

但し、D(p||q) = p log(p/q) + (1-p) log((1-p)/(1-q)) は、それぞれ確率pおよびqを持つ2つの2項分布の間のクルバック-ライブラ距離(Kullback-Leibler distance)である(クルバック-ライブラ距離の詳細は、S. KullbackおよびR. A. Leibler両氏著の"on information and sufficiency. Annals of mathematical Statistics, 22: 79-86, 1951"に記載されている)。

【0054】クラスタ作成器213は、1 + 1, . . . , r-1に対する全数探索を使用して式(5)を最大にする。この探索によって2つの新しいクラスタの間の境界が与えられる。最後に、分割結果を所与として、オリジナルのクラスタのいずれかの側に対するクラスタ境界が再計算される(ステップ807)。上述の処理終了ステップ804にに加えて、オリジナルの度

※ 値mが2つの新しいクラスタの間の境界となる。式(3)の指数を取れば、次式(4)が得られる。

★ れを式(4)に代入すれば、次式(5)のmの関数を最大化することによって、境界点の選択が行われる。

数分布がクラスタの最大数まで分割された場合にもプロセスは終了する(ステップ809)。

【0055】F. 輝度再マップ

40 クラスタ作成器213が輝度度数分布をクラスタに分割した後、コントラスト強化機構205は、度数分布輝度再マップ器217を呼び出して、クラスタ幅、各クラスタにおけるピクセル数およびオリジナルの度数分布範囲限界に基づいて、輝度値を新しい値へ再マップする(図5のステップ513)。この再マップは、
 N(i) = クラスタiにおけるピクセル数
 Nt = 画像のピクセル総数
 l(i), r(i) = 修正前のクラスタiの左右の限界
 l'(i), r'(i) = 修正後のクラスタiの左右の限界
 50 a, b = 修正前の度数分布の左右の限界

a', b' = 修正後の度数分布の所望の左右の限界とし、但し a および b は画像ピクセルの 1% 未満がインタバル [a, . . . , b-1] のいずれかの側に属するような最もきつい境界であるように定義されとし、a' および b' について所望の値を所与とすれば、輝度度*

$$I'(i) = \begin{cases} a' & i = 1 \\ I(i-1) & i > 1 \end{cases} \quad (5)$$

$$I''(i) = I'(i) + \left\{ w \left(\frac{N(i)}{N_c} \right) + (1-w) \left(\frac{I(i) - I'(i)}{(b-a)} \right) \right\} (b' - a') \quad (7)$$

【0057】但し、パラメータ w は 0 と 1 の間の加重係数である。a' および b' を、通常はそれぞれ 0 および 256 である許容可能限度に設定することによって、最大動態範囲が得られる。しかしながら、ほとんどのコンピュータ・モニタおよびプリンタは、それ以下のすべての値を黒にマップするオフセット値を含む。このオフセット値は、おおよそ 30 から 70 であって、出力装置によって変わる。そのような応用分野では、これらのパラメータは、所望の範囲として a' = 30、b' = 256 のように設定される。

【0058】G. クラスタに対する度数分布等化

式(6)および(7)を使用して度数分布再マップ器 217 が新しいクラスタ境界を計算した後、各クラスタ毎に、度数分布等化/伸張器 219 によって度数分布等化が実行され(図 5 のステップ 515)、各クラスタの範囲内の再マップされたデータを可能な限り均一になるように分布させる(図 5 のステップ 517)。代替的方法として、再マップされたデータがクラスタ境界へ拡張するがクラスタ内の度数分布形状は変わらないように、度数分布等化/伸張器 219 がデータを拡張すること

【0059】図 9 は、所与の画像度数分布に関してこの修正を実行する結果を示す。この例において、再マップ化は、0、0.5 および 1 という加重係数を使用して実行されている。修正された度数分布に現れる棘波は、ピクセルの再マップ化処理(ステップ 517)の間の量子化の効果による。どの度数分布ビンにおけるデータも異なる値に再マップすることはできるが、複数のビンに分割することができない。例えば、ビン 100 からビン 102 が初期的に各々 1000 ピクセルを含むと仮定する。この範囲をビン 110 からビン 113 までに再マップすることを望む場合、3つの入力ビンを4つの出力ビンに再マップすることになる。従って、出力されるビンの1つ(すなわち 110、111、112 または 113)は空でなくてはならず、その他の3つのビンの各々は 1000 ピクセルを含む。このため、出力度数分布に下方への棘波が生まれる。同様に、所与の入力範囲がより小さい出力範囲にマップされると、上方向棘波が生じる。これら2つの効果は図 9 の a ないし d に示されている。

【0060】式(7)において w = 0 という加重係数を使

* 数分布再マップ器 217 は、次の数 4 の式(6)および(7)に従って、クラスタ境界を再マップする。

【0056】

【数 4】

用すると、再マップの後、相対的クラスタ幅は不変のままとなる点注意する必要がある。このため、図 9 の (b) に示されるように、明るい輝度レベルおよび暗い輝度レベル両方におけるクラスタについて、コントラスト強化の量が多めに穏やかなレベルに制限される。

【0061】一方、w = 1 の加重係数は、度数分布全体に対して実行される度数分布等化と同じマップ化を行う。従ってクラスタはマップ化に影響を及ぼさない。これは、前述のように、画像によっては輝度変化の原因となる。本発明の好ましい実施形態においては、0.5 という加重係数が画像の大部分にわたって良好な画像品質を生み出すことが判明したので、加重係数 0.5 が使用される。

【0062】H. オーバーフローを防ぐためのクロミナンス値の使用

上記において、ピクセル値の再マップは、輝度コンポーネントだけに依存した。しかし、ある 1 つのピクセルに関する最大許容輝度値はそのピクセルのクロミナンスにも依存する。輝度値がこの最大値を越えると、少くともカラー・コンポーネントの 1 つは、その値が RGB へ変換される時、(通常は 255 である)飽和レベルより大きくなる。このオーバーフロー発生を防止するため、コントラスト強化機構 205 は、図 5 のステップ 519 において、データ検査器 221 を呼び出し、各ピクセル毎にクロミナンス値を使用して輝度しきい値を設定する。所与のピクセルについて再マップされた輝度がこのしきい値を越えると、データ検査器 221 はピクセル輝度をしきい値に設定する。

【0063】YCrCb カラー空間に関しては、Cr が R-Y に対して比例的であり、Cb が B-Y に対して比例的であるので、クロミナンス値を所与とする輝度しきい値の計算は簡単である。YCrCb カラー空間について、レッドおよびブルー・コンポーネントは飽和点に向かわないことが確認されている。実際問題として、色ずれは、赤が支配的である肌の階調表示、および青が支配的である空の表現において顕著に見える。しかし、グリーン・コンポーネントの飽和は、レッドおよびグリーンの場合に比較して一般的に少なく見えるので、計算量を減少させる本発明の実施形態の 1 つにおいて、グリーン・コンポーネントのオーバーフロー検査は YCrCb 実

施形態の場合必要とされない。

【0064】CIE L a b カラー空間の場合オーバーフロー検査はそれほど簡単ではない。特定のRGBコンポーネントのオーバーフローをL a b値に関連づける簡単な方法はない。従って、本発明のCIE L a b実施形態においては、量子化された値aおよびbをインデックスとして使用し、輝度しきい値を含む2次元照合テーブルを使用する。照合テーブルを作成するため、まず、RGB = (0, 0, 0), (0, 0, 255), (0, 255, 0)等のRGB空間の8隅をCIE L a bカラー空間に変換した。上記隅の値が照合テーブルの8つの値を構成する。テーブルは、これらの隅の値の間で、2次線形補間を使用して埋められる。結果のしきい値は完全に正確ではないが、それでもなお発生するオーバーフロー誤差は非常にわずかであって重大な色ずれを起こさない程度のものである。従って、視覚上の劣化が少なく保たれる。このプロセスは無符号文字の256×256照合テーブルを必要とするが、その動作は非常に速い。代替的形態として、2次線形補間を、画像ピクセル毎に実行して必要メモリを節約することもできるが、速度が遅い。

【0065】I. RGBカラー空間への変換

画像109の中のですべてのピクセルに関する再マップされた値を計算した後、最後に、画像は、RGB空間へ戻すため変換される(ステップ521)。変換結果の画像が、元のRAM105に記憶されるか、またはハードディスク119上に書き込まれる。代替的形態として、画像はプリンタ115に印刷されるかまたは別の出力装置に出力される。

【0066】J. 結論

本発明のコントラスト強化機構205は、図3のプロセスの流れのどの段階においても、画像品質を向上させるため使用することができる。例えばデジタル・カメラのような入力装置がコントラスト強化機構205を備え、コンピュータ101への画像転送に先立ち、画像のコントラストを向上させることができる。別の形態として、コンピュータ101がコントラスト強化機構205を備え、画像の印刷または表示に先立ち画像品質を向上させることができる。コントラスト強化機構205は、また、「コンピュータ暗室」のような画像処理ソフトウェア・パッケージに組み入れることもできる。更にまた、本発明に従うコントラスト強化機構205をプリンタ・ドライバ125の一部として使用する代替形態も可能である。更にまた、コントラスト強化機構205をプリンタのような出力装置の内部制御メカニズムに搭載することもできる。

【0067】本発明には、例として次のような実施様態が含まれる。

(1) コンピュータを動作させて、複数ピクセルからなる画像のコントラストを強化させる方法であって、上記コンピュータの記憶装置にオリジナルの画像をデジタル

形式で入力するステップと、第1の測定可能属性に対応する第1の軸および上記第1の測定可能属性に関する特定の値を持つピクセルのカウント数に対応する第2の軸を有する上記デジタル形式画像の度数分布を作成するステップと、上記度数分布を複数クラスターに分割するステップと、各クラスターに対して度数分布等化を実行することによって修正された度数分布を作成するステップと、上記修正された度数分布を使用して、上記デジタル形式の上記第1の測定可能属性の値を調節し、それによって上記コントラストが強化された画像を作成するステップと、を含む画像コントラスト強化方法。

(2) 上記クラスター分割ステップが、度数分布を等しいサイズの複数クラスターに細分化するステップを含む、上記(1)に記載の画像コントラスト強化方法。

(3) 上記クラスター分割ステップが、度数分布におけるパターンを検出して、それらパターンに基づいて度数分布を複数クラスターに分割するステップを含む、上記(1)に記載の画像コントラスト強化方法。

(4) 上記検出したパターンに基づいて度数分布を分割するステップが、ガウス分布に類似する上記度数分布の領域を検出し、一様分布に類似する別の領域を検出するステップを含む、上記(3)に記載の画像コントラスト強化方法。

(5) 画像を入力する上記ステップにおいて上記画像がRGB画像であり、上記RGB画像を輝度コンポーネントを持つ形式に変換するステップを更に含む、上記(1)に記載の画像コントラスト強化方法。

(6) 上記形式が、Y-Cb-Cr、CIE L*a*b、CIE XYZおよびY-U-Vの中から選択される、上記(5)に記載の画像コントラスト強化方法。

【0068】(7) 上記第1の測定可能属性が光強度測定値であり、上記ピクセルのカウント数が光強度測定値毎にその特定の光強度測定値を持つピクセルのカウント数であり、上記度数分布が上記オリジナル画像の中の最高および最低光強度値に等しい範囲限界を持ち、各クラスターが上記度数分布における1つの範囲を表し、該範囲に対する度数分布値の合計が、該クラスター範囲内における光強度を持つピクセルの数に対応し、更に、クラスター境界を、クラスター範囲(R₀)、上記範囲内のピクセル数(N_i)、画像内のピクセル総数(N_T)および度数分布範囲限界(E₀)に比例させて再マップするステップを含む、上記(1)に記載の画像コントラスト強化方法。

(8) 上記再マップするステップが、上記出力画像の度数分布(E_d)に関する所望の範囲を選択するステップ、およびwを0から1.0までの範囲内の加重係数として、 $R_n = (w(N_i/N_T) + (1-w)(R_0/E_0))E_d$ という関係式に従って各クラスターの幅を伸張するステップを含む、上記(7)に記載の画像コントラスト強化方法。

(9) 上記画像の上記デジタル形式が第2の測定可能属性を含み、上記度数分布作成ステップが、上記コントラ

ストが強化された画像における各ピクセルについて、上記第2の測定可能属性の値の関数として上記第1の測定可能属性の値を制限するステップを更に含む、上記

(1)に記載の画像コントラスト強化方法。

(10)上記画像コントラスト強化方法が更に上記第2の測定可能属性の関数として上記第1の測定可能属性の最大値のテーブルを生成するステップを含み、上記制限するステップが、上記第2の測定可能属性の値Vの各々について上記値Vに対応する上記第1の測定可能属性に関する最大値Mを上記テーブルから取り出し、上記値Vが上記最大値Mを越える場合値Vを最大値Mに設定するステップを含む、上記(9)に記載の画像コントラスト強化方法。

【0069】(11)メモリを備え、コントラストが強化された画像を作成する画像処理システムであって、複数のピクセルからなる画像に対応し、上記複数のピクセルの第1の属性の各レベル毎に上記レベルに対応する上記第1の属性に関する値を持つピクセル・カウント数を含む度数分布の構造を上記メモリに作成し、上記カウントがゼロではない下限と上記カウントがゼロでない上限によって表される範囲に対応する上記度数分布の範囲限界を規定するように動作する度数分布作成装置と、上記度数分布データ構造に接続して、上記度数分布データ構造を複数のクラスターに分割するように動作するクラスター作成器と、上記度数分布データ構造に接続して、上記境界がクラスター幅(Ro)、クラスター内のピクセルのカウント数(Ni)、画像におけるピクセルのカウント数(Nt)、オリジナル度数分布の範囲限界(Eo)および所望の度数分布範囲限界(Ed)という諸パラメータを持つ関数に従って上記度数分布データ構造にお各々クラスターの境界を調整するように動作する度数分布クラスター境界調整器と、上記度数分布データ構造に接続し、所望の特性に従って各クラスター毎に上記度数分布を修正するように動作する度数分布調整器と、を備える画像処理システム。

(12)上記度数分布調整器が度数分布等化器であり、上記所望の特性が上記クラスターに含まれるピクセルの一樣分布である、上記(11)に記載の画像処理システム。

(13)上記度数分布調整器が度数分布伸張器であり、上記所望の特性が各クラスター毎に上記所望の度数分布範囲限界(Ed)まで展開する度数分布に相当する、上記

(11)に記載の画像処理システム。

(14)第1の画像形式と上記第1の属性を含む第2の画像形式の間の変換動作を含む画像変換器を更に備える、上記(11)に記載の画像処理システム。

(15)上記度数分布データ構造および上記オリジナル画像に接続して、上記度数分布データ構造および上記オリジナル画像からコントラストが強化された画像を生成するように動作する画像生成器を更に備える、上記(1

1)に記載の画像処理システム。

(16)上記関数が、 w を0から1.0までの範囲内の加重係数とした $R_w = (W(N_i/N_t) + (1-W)(R_o/E_o))E_o$ である、上記(11)に記載の画像処理システム。

(17)上記クラスター作成器が上記度数分布を等しいサイズの複数のクラスターに分割する、上記(11)に記載の画像処理システム。

(18)上記クラスター作成器が、一樣分布に近い領域およびガウス分布に近い領域を検出して、それら領域の間の境界上で上記度数分布を細分化するように動作するパターン認識器を含む、上記(11)に記載の画像処理システム。

【0070】(19)画像データ構造に記憶されているデジタル画像の視覚表現をコントラスト強化によって向上させる装置であって、度数分布データ構造と、上記度数分布データ構造に接続して、上記画像の第1の属性に関する度数分布データを上記度数分布データ構造に記憶するように動作する度数分布生成器と、上記度数分布データ構造に接続して、上記度数分布内にそれぞれが1つの範囲を持つ複数のクラスターを定義するように動作する度数分布クラスター作成器と、上記度数分布データ構造に接続して、クラスター各々の上記範囲を調節するように動作する度数分布再マップ器と、上記度数分布データ構造に接続して、各クラスターの度数分布を調節するように動作する度数分布調整器と、を備える画像視覚表現向上装置。

(20)上記度数分布調整器が度数分布等化器である、上記(19)に記載の画像視覚表現向上装置。

(21)上記度数分布調整器が度数分布伸張器である、上記(19)に記載の画像視覚表現向上装置。

(22)上記画像データ構造に接続して、第1のデータ形式から上記第1の属性を持つ第2のデータ形式へ上記画像を変換するように動作する画像変換器を更に備える、上記(19)に記載の画像視覚表現向上装置。

【0071】

【発明の効果】本発明によって、コンピュータ画像処理において、計算量集約的でなく、かつ出力画像に望ましくない人為的加工が施されることのないコントラスト強化処理が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】有効グレー・レベル値の各々を持つ画像ピクセルの数を示す典型的な度数分布図である。

【図2】デジタル画像のコントラストを強化するため本発明が使用されるコンピュータ・システムのブロック図である。

【図3】画像処理システムの処理の流れを示すブロック図である。

【図4】本発明に従うコントラスト強化機構を持つ画像処理システムのブロック図である。

【図5】本発明に従うコントラスト強化機構の動作のブ

ロック図である。

【図6】平らな領域によって分離された2つのピークを持つ典型的な輝度度数分布図である。

【図7】いくつかのクラスターへの度数分布の分割を示す図である。

【図8】本発明に従うクラスター化プロシージャの流れ図である。

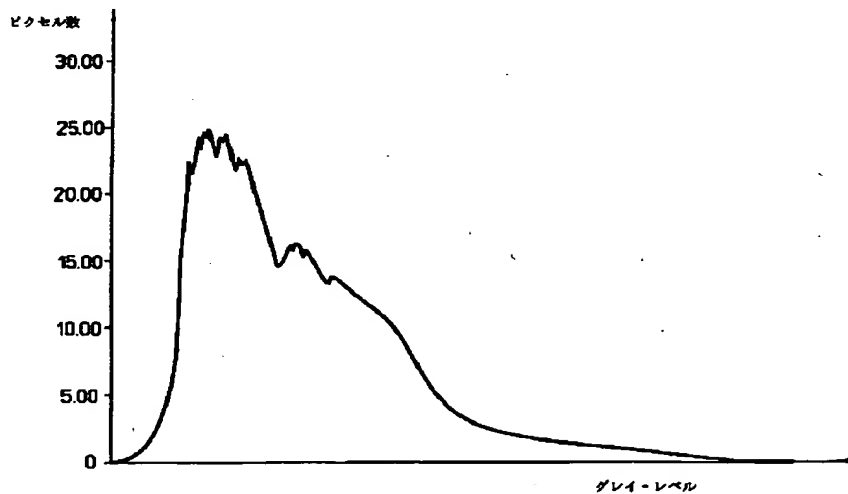
【図9】異なるパラメータ値を使用して本発明のコントラスト強化機構によって修正された状態を示す輝度度数分布図である。

【符号の説明】

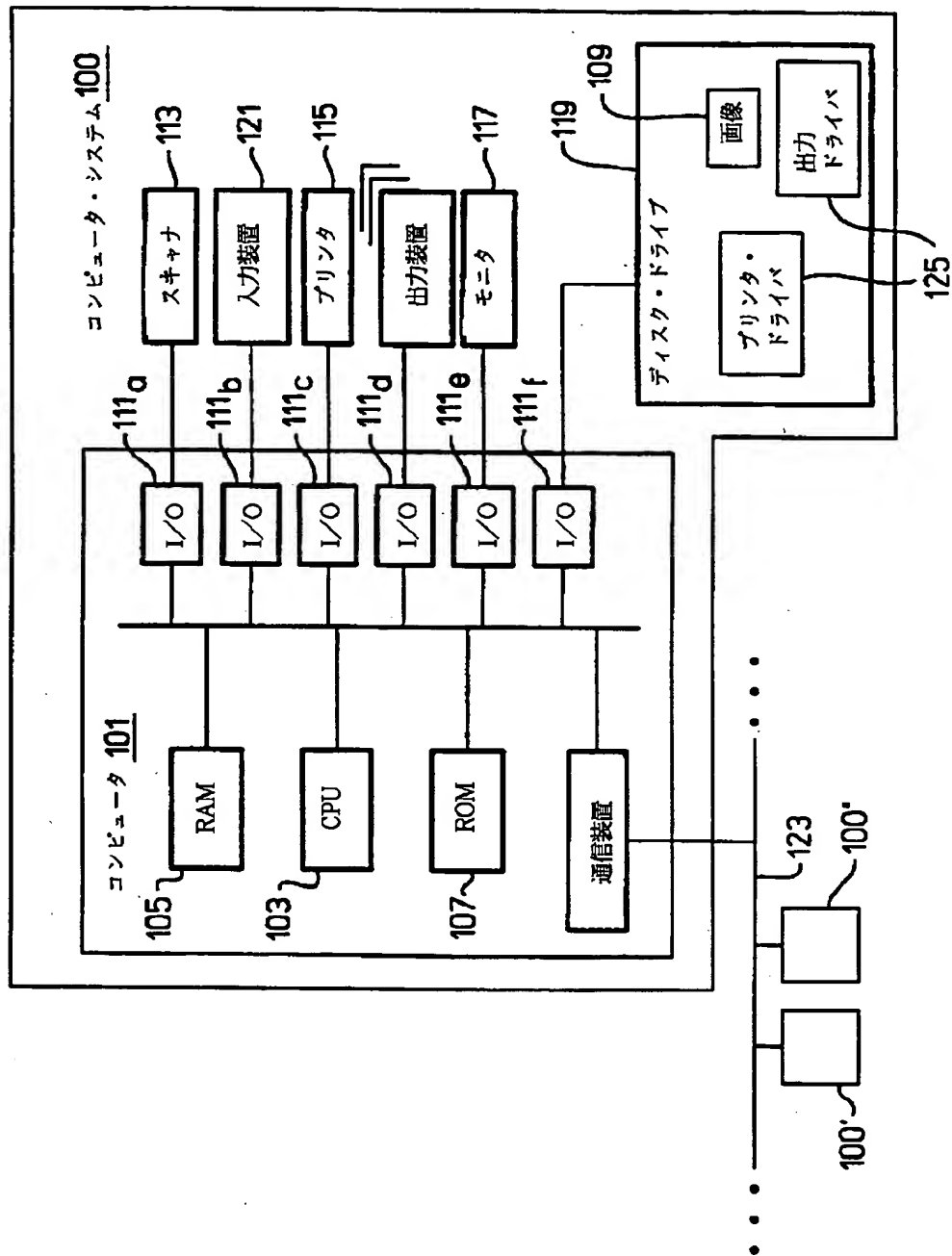
100、100' 100' コンピュータ・システム
101 コンピュータ
109 画像
115 出力装置
119 ディスク・ドライバ
123 ネットワーク
125 出力ドライバ
203 出力制御機構
205 コントラスト強化機構
207 画像変換器
209 度数分布生成器
211 度数分布
213 クラスター作成器
215 クラスター調整器

* 217 輝度度数分布再マップ器
219 度数分布等化/伸張器
221 データ検査器
223 制御プログラム
303 画像捕捉装置
501 CIE L_ab変換回路
503 Y(L)信号
505 C_r(a)信号
507 C_b(b)信号
10 509 度数分布計算回路
511 クラスター分割回路
513 クラスター境界再マップ回路
515 度数分布等化回路
517 輝度値更新回路
519 オーバーフロー検査回路
521 RGB変換回路
600 輝度度数分布
601 低輝度範囲頂点
603 高輝度範囲頂点
20 605 平坦領域
701、702 a、702 b、705 a、705 b、705 c、705 d、705 e クラスター
701'、702 a'、702 b'、705 a'、705 b'、705 c'、705 d'、705 e' クラスター
* ー・ノード

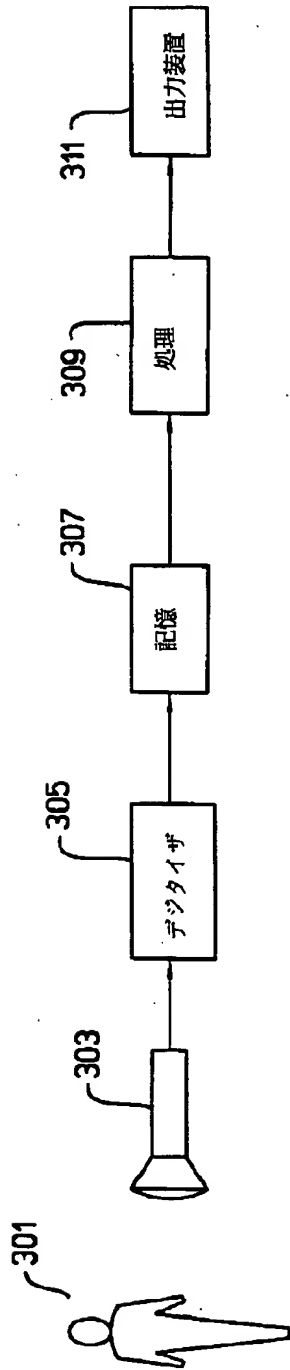
【図1】



【図2】

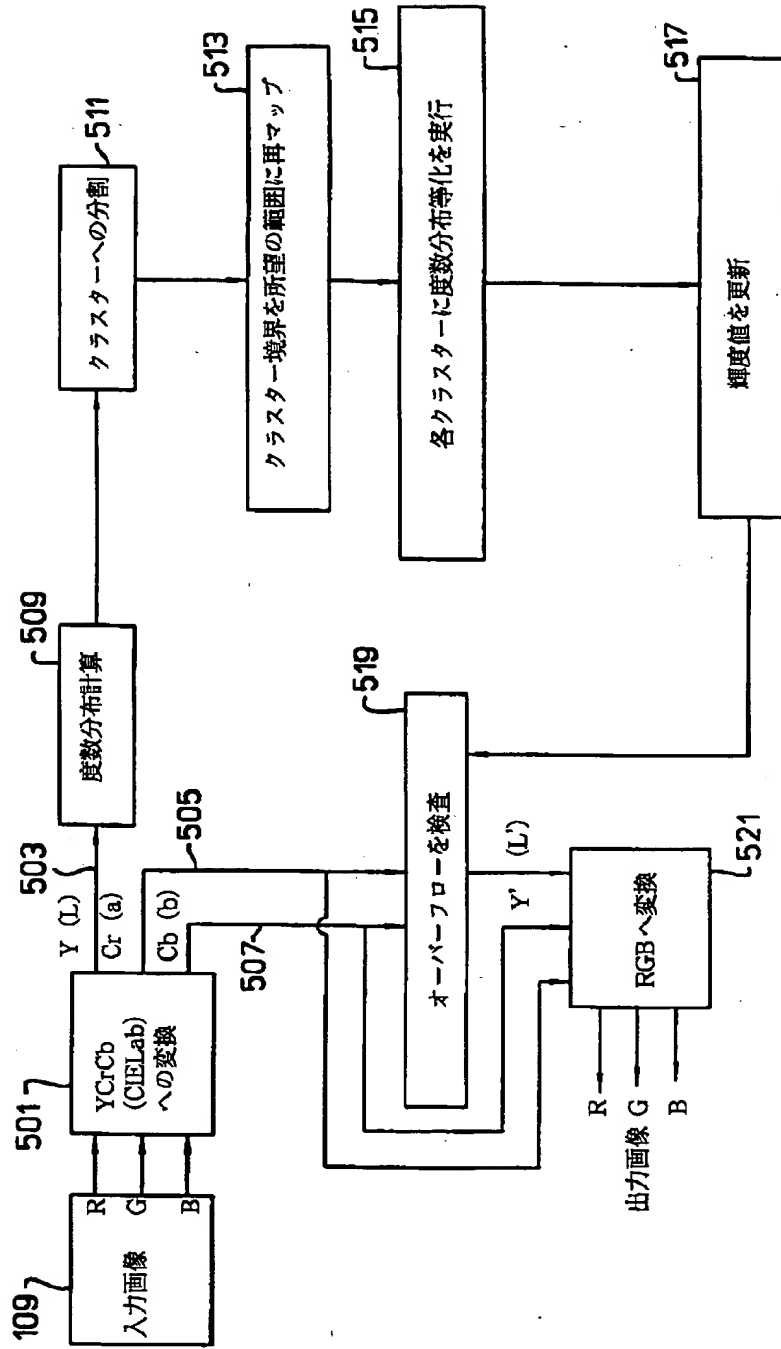


【図3】

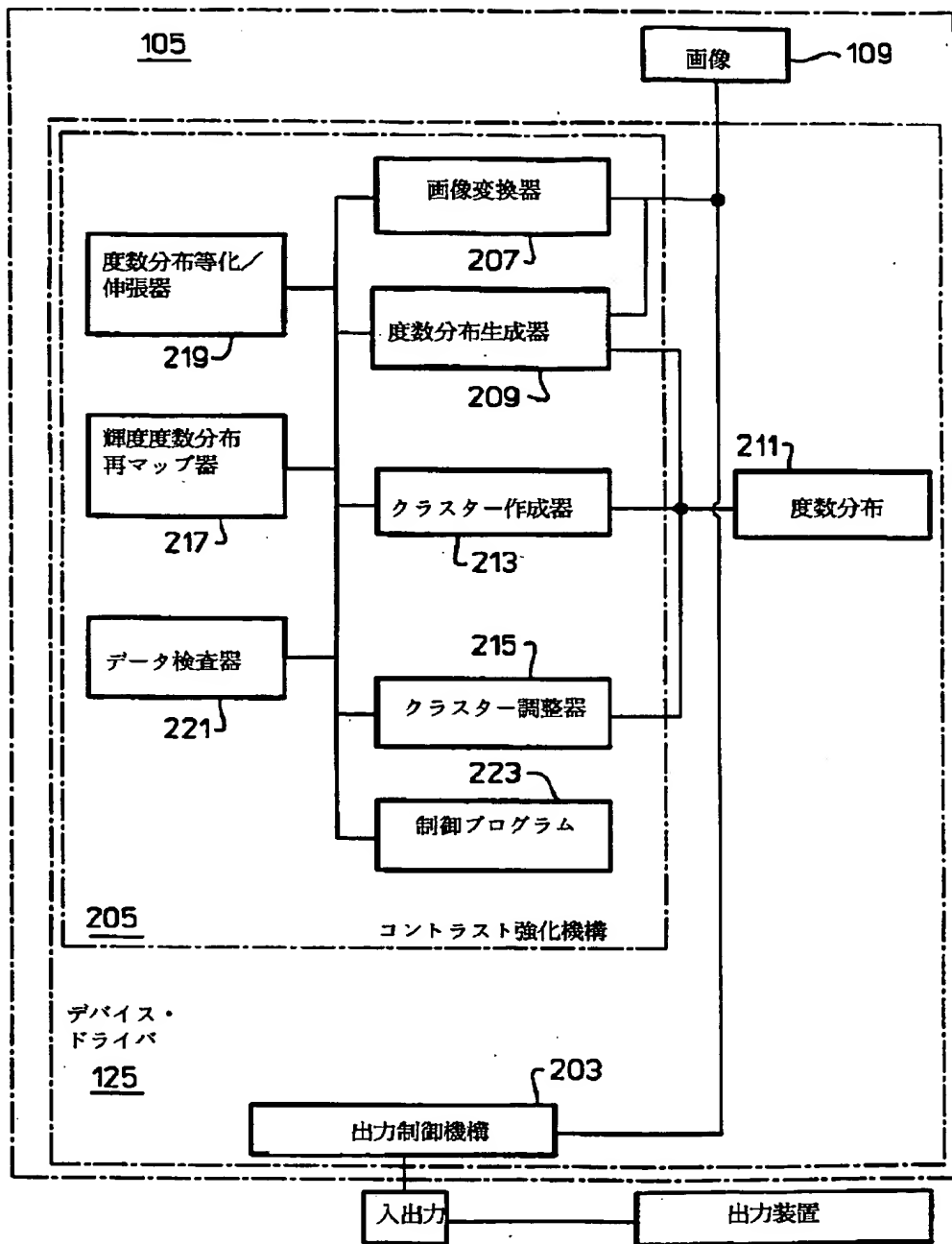


オブジェクト

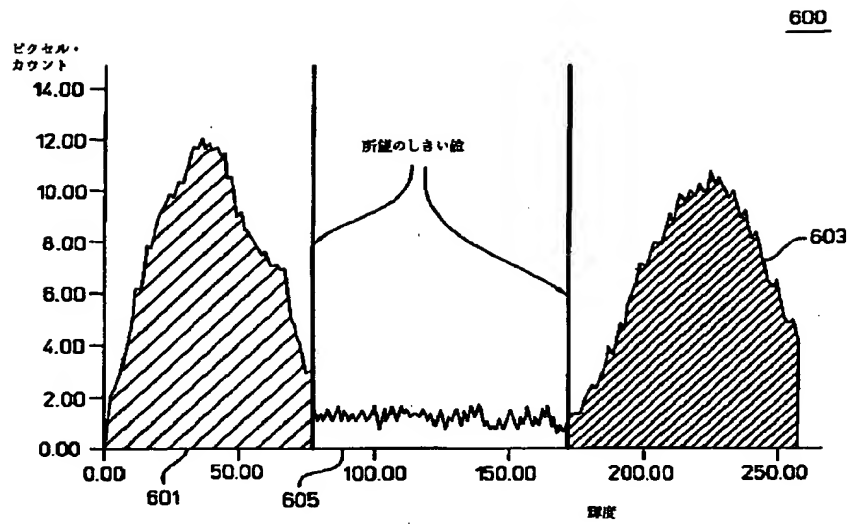
【図5】



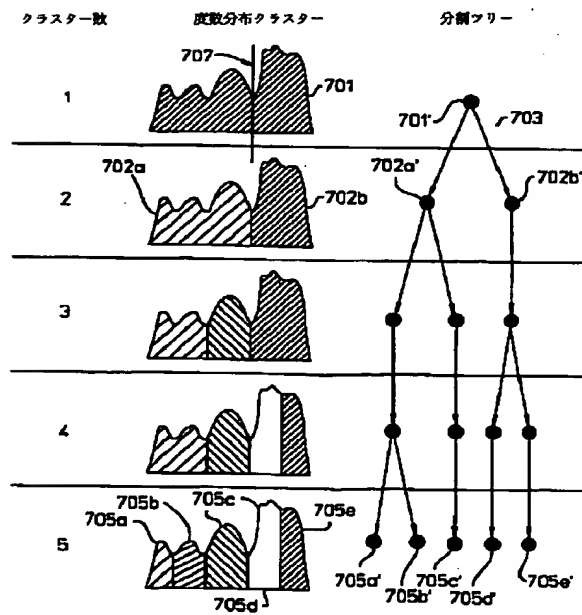
【図 4】



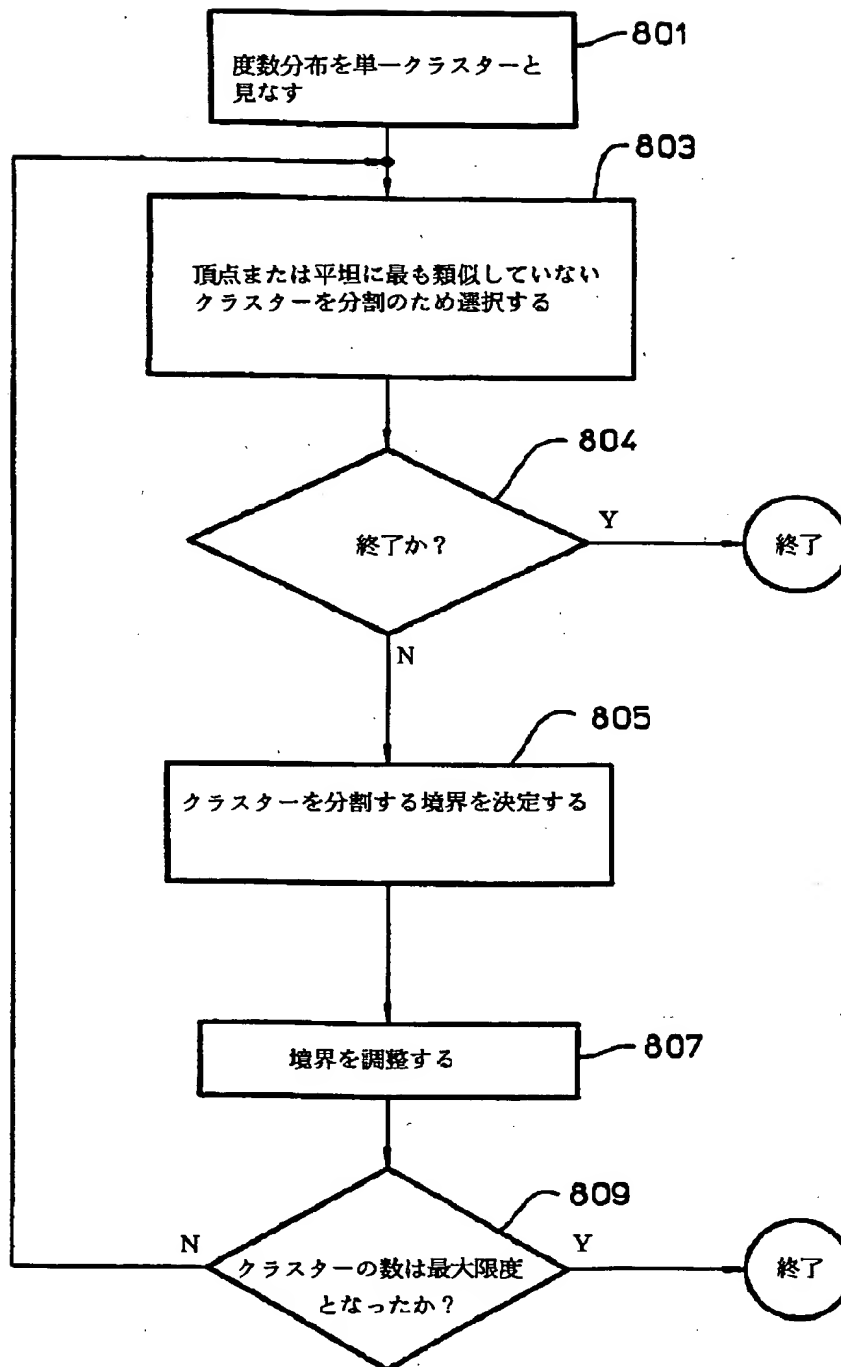
【図6】



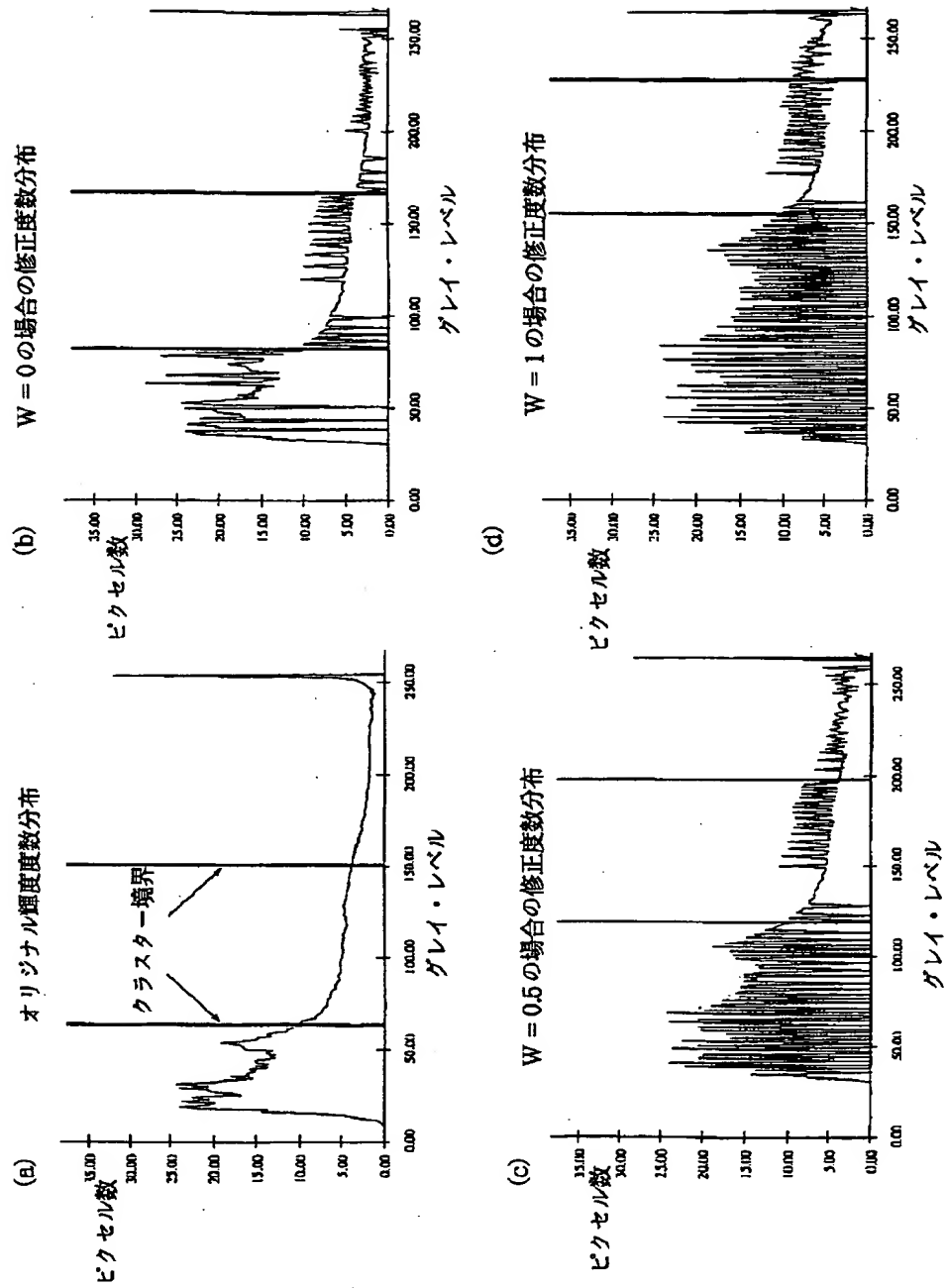
【図7】



【図8】



【図 9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.